

КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА
В МОНОФАЗНОЙ КЕРАМИКЕ $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ М.Ф. Лимонов, Ю.Ф. Марков,
Э. Поллерт, А. Триска

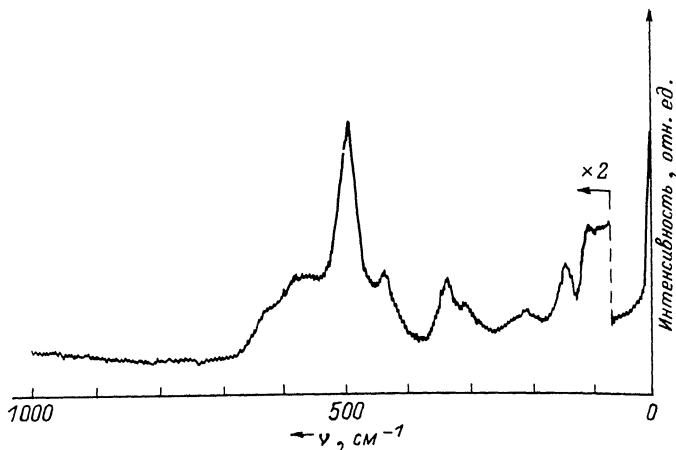
Для выяснения механизма сверхпроводимости в керамиках $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ важное значение имеет изучение колебательных спектров, которые позволяют получать информацию о частоте и затухании фононов, наличии или отсутствии различных примесей, а также о степени монофазности этих материалов.

Спектры комбинационного рассеяния (СКР) керамик $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ исследовались в ряде работ [1-3]. Было установлено, что эти объекты имеют крайне слабые СКР, причем в некоторых работах изучались лишь многофазные керамики [2], а из-за сильного уровня рассеянного света спектры удавалось надежно регистрировать начиная со $150-200 \text{ см}^{-1}$ [1-3], отмечалось существенное уширение линий [3].

В настоящей работе исследованы спектры комбинационного рассеяния керамик состава $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, где $\delta \sim 0.37$. Керамики были изготовлены спеканием Y_2O_3 , CuO и $BaCO_3$ в кислородной атмосфере в течении 70 часов при $T = 1220 \text{ K}$ [4]. В результате были получены соединения, имеющие резкий переход (температурная область перехода $\Delta T < 1 \text{ K}$) в сверхпроводящее состояние при $T_c = 92 \text{ K}$. Фазовый переход из высокотемпературной тетрагональной фазы в ромбическую $D_{4h} \rightarrow D_{2h}$ происходил в температурном диапазоне $830-890 \text{ K}$ и исследовался рентгеноструктурным методом. На основе рентгеновских данных, а также экспериментов по дифракции нейтронов были получены значения параметров решетки, координаты атомов, распределение атомов по кислородным позициям [4].

СКР этих керамик исследовались на тройном раман-спектрометре „Dilor -24“ с аргоновым лазером „Spectra-Physics“, мощность излучения на образце не превышала 300 мВт. Спектры изучались в геометрии рассеяния „назад“ от полированной поверхности, а также от необработанного скола керамики. Интенсивность СКР была слабой, поэтому их запись проводилась в режиме многократного сканирования, причем общее время регистрации спектров в диапазоне $10-1000 \text{ см}^{-1}$ достигало нескольких часов. Исследуемые образцы находились в вакууме для устранения „паразитного“ низкочастотного комбинационного рассеяния света, обусловленного вращательными уровнями молекул кислорода и азота воздуха.

Метод комбинационного рассеяния света был использован в настоящей работе также для анализа однородности состава исследуемых керамик: лазерный луч сканировался по поверхности образца, и с помощью микроскопа изучалось рассеянное излучение с площади $5 \times 5 \text{ мкм}^2$.



Спектры комбинационного рассеяния света в керамике $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ при $T = 300$ К.

Из результатов теоретико-группового анализа для керамики $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (искаженная структура слоистого перовскита - орторомбическая решетка D_{2h} с одной формульной единицей в примитивной ячейке) известно, что в СКР разрешено 15 колебаний следующей симметрии: $5A_{1g} + 5B_{2g} + 5B_{3g}$ [5]. Однако при анализе СКР этих керамик следует учитывать следующее обстоятельство. Колебания симметрии B_{2g} и B_{3g} фазы D_{2h} появляются в результате расщепления дважды вырожденных колебаний E_g тетрагональной фазы D_{4h} ($E_g \rightarrow B_{2g} + B_{3g}$) при структурном фазовом переходе $D_{4h} \rightarrow D_{2h}$, однако ромбическое искажение высокотемпературной тетрагональной структуры $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ невелико ($b - a = 0.05$ Å при $T = 295$ К [4]), поэтому частоты колебаний B_{2g} и B_{3g} могут иметь близкие значения, и в случае весьма большой полуширины линий разрешить эти колебания в неполяризованных СКР очень сложно.

Спектры, полученные в настоящей работе, приведены на рисунке. В СКР наблюдались линии, имеющие следующие частоты: 113, 146, 216, 307, 336, 436, 496, 580 $см^{-1}$. Их полуширины лежат в диапазоне 10–60 $см^{-1}$ (спектральная ширина щели в зависимости от расстояния до возбуждающей линии варьировалась от 1 до 8 $см^{-1}$). Таким образом, в исследованных нами керамиках не наблюдалось значительное уширение линий, которое отмечалось при обсуждении СКР аналогичных объектов в [3]. Низкий уровень рассеянного света в спектрометре позволил исследовать низкочастотные спектры керамик начиная с 10 $см^{-1}$. Наиболее низкочастотная из обнаруженных линий имеет частоту 113 $см^{-1}$, значения частот и относительные интенсивности большинства более высокочастотных

линий СКР ($140-600 \text{ см}^{-1}$), часть из которых соответствует связям $\text{Cu}-\text{O}$, коррелирует с результатами, приведенными в [1]. Следует также отметить хорошее совпадение частот и полуширин линий со значениями, полученными при изучении СКР орторомбических монокристаллов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ в работе [6].

В результате микроанализа исследованных образцов было установлено, что СКР, полученные от различных точек керамики, практически совпадают, что свидетельствует об их высокой однородности. Судя по спектрам, в данных керамиках отсутствует ряд „паразитных“ фаз, которые могут сопутствовать сверхпроводящей фазе $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, например „зеленая“ фаза Y_2BaCuO_5 . Действительно, наиболее интенсивная линия в СКР Y_2BaCuO_5 имеет частоту 389 см^{-1} [7], однако в полученных нами спектрах такая линия отсутствует (см. рисунок). Сравнивая эти спектры с известными из литературы данными [2], аналогичным образом можно констатировать отсутствие в исследованных нами керамиках „паразитных“ фаз Y_2O_3 , $\text{Y}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$.

Таким образом, в настоящей работе исследованы СКР сверхпроводящих керамик $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, определены значения частот оптических СКР-активных фононов и установлена однородность состава этих образцов.

В заключение авторы выражают благодарность А.А. Каплянскому за обсуждение результатов настоящей работы.

Л и т е р а т у р а

- [1] M a s f a r l a n e R.M., R o s e n H., S e k i H. - Solid State Comm., 1987, v. 63, N 9, p. 831-834.
- [2] R o s e n H., E n g l e r E.M., S t r a n d T.C., L e e V.Y., B e t h v n e D. - Phys. Rev. B., 1987, v. 36, N 1, p. 726-728.
- [3] Головашкин А.И., Горелик В.С., Иваненко О.М., Мицен К.В., Файзуллов Т.Ф. - Краткие сообщения по физике ФИАН, 1987, № 10, с. 21-23.
- [4] J i r a k Z., P o l l e r t E., T r i s k a A., V r a t i s l a v S. - Phys. Stat. Sol (a), 1987, v. 102, k. 61-66.
- [5] Y a m a n a k a A., M i n a m i F., W a t a n a b e K., I n o u e K., T a k e k e w a S., I y i N. - Japan J. Appl. Phys., 1987, v. 26, N 8, p. L1404-1406.
- [6] Баженов А.В., Гаспаров Л.В., Кулаковский В.Д., Мисочко О.В., Осипьян Ю.А., Тимофеев В.Б. - Письма в ЖЭТФ, 1988, т. 47, в. 3, с. 162-165.
- [7] U d a g a w a M., O g i t a N., F u k u m o t o A., U t s u n o m i y a Y., O h

Поступило в Редакцию
14 апреля 1988 г.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 13

12 июля 1988 г.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПЛАЗМЕННЫЙ КРОУБАР

А.К. Сойка

При генерации сильных импульсных магнитных полей (СИМП) разрядом батареи конденсаторов на соленоид возникает проблема получения униполярных импульсов магнитного поля, когда направление его в соленоиде не меняется.

Известны два способа получения униполярных СИМП: 1) последовательное включение в разрядный контур сопротивления, величина которого нелинейно растет при убывании тока [1]; 2) параллельное включение в контур специального управляемого разрядника-замыкателя (так называемого кроубара), закорачивающего соленоид в максимуме или минимуме разрядного тока [1-3].

В первом случае удается получать униполярные импульсы, близкие по форме к первой полуволне разрядного тока при потерях в амплитуде порядка 30-40%. Еще более существенны здесь ограничения на длительности импульсов (до нескольких микросекунд) и на плотности токов (до 1 кА/см²), которые выдерживают известные нелинейные сопротивления.

Осуществление второго способа технически весьма трудно и требует сложной аппаратуры, особенно при закорачивании соленоида в первом максимуме тока, что представляет как раз наибольший практический интерес, т.к. в этом случае в соленоиде создается импульс поля с коротким (синусоидальным) фронтом нарастания и медленным (экспоненциальным) спадом напряженности. Главная трудность заключается в обеспечении поджига кроубара, который должен выдерживать максимальное напряжение разрядного контура, но надежно включаться при почти нулевом напряжении, которое соответствует максимуму тока в нем.

Настоящая работа посвящена принципиально новому решению проблемы получения униполярных СИМП. Оно основано на явлении расширения радиуса плазменного канала искрового разряда в газах [4-6], которое дает возможность использовать обычный управляемый искровой разрядник (тригatron) одновременно в качестве коммутирующего элемента контура и в качестве кроубара.

На рис. 1 приведена схема разрядного LC-контура, поясняющая принцип работы предлагаемого плазменного кроубара [7]. Из